

## University of Groningen

### Calculations of total muon capture rates in nuclei

Luyten, Jan Reindert

**IMPORTANT NOTE:** You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

1968

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

Luyten, J. R. (1968). *Calculations of total muon capture rates in nuclei*. s.n.

#### Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

#### Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

## SUMMARY

The work in this thesis concerns an attempt to verify to what extent the UFI hypothesis, implying that the weak interactions governing the processes: beta decay, muon decay and muon capture have the same strength and form, is true for muon capture. As experiments on muon capture in light nuclei are not easy we investigate muon capture in heavier nuclei. In order to calculate nuclear matrix elements some model must be used for the states of the nucleons in nuclear matter; we use the nuclear shell model for this purpose.

In Ch.I the basic starting points for calculation of muon capture rates in nuclei are given and the values of the muon coupling constants following from those for beta decay and the UFI hypothesis are calculated. In Ch.II the muon capture rates are calculated for the doubly-closed shell nuclei  $^{16}\text{O}$  and  $^{40}\text{Ca}$ ; for such nuclei one may expect that the results are less sensitive to details of nuclear structure; the results are independent of the form of the capture interaction. The muon capture rates are calculated by two different methods. In the first one we make use of an approximation known as the closure approximation; in the second the capture rates are computed by summation over partial transitions. The theoretical capture rates computed according UFI are about twice as large as the experimental ones. In Ch.III capture rates are calculated in some nuclei with  $Z = 20$  or  $N = 28$ ; the capture rates here depend on the form of the capture interaction and one may hope to determine this form by comparing capture rates in neighbouring elements. The dependency on the form of the interaction is smaller than we had found from an earlier calculation, using a simpler model. The discrepancy with experiment was similar to that found in Ch.II. Investigations done by others in the meantime, where nuclear matrix elements were determined in a more direct way by determining similar matrix elements from experiments on photonuclear reactions gave results in much better agreement with UFI. The conclusion must be drawn that the nuclear shell model is not sufficiently realistic to give reliable values for the nuclear matrix elements.

In Ch.IV we give some by-products of our calculations; these concern the calculated matter density in the nucleus according to different models and some data on the muon wave function. These latter data can be useful if one wishes to calculate nuclear matrix elements from experimental

capture rates. Ch.V gives a description of the numerical methods used to obtain nuclear matrix elements in the shell model. The method is described by which a numerical approximation of the solution of the schrödinger equation was obtained. The singularity for  $r=0$  must be treated in a special way; here it is done by constructing a power series development for the solution. The different programs, in which the eigenvalue problems for the nucleons and for the muon are solved and in which the integrations of the product of these functions are performed, are treated in some detail.

## SAMENVATTING

De UFI hypothese houdt in, dat de zwakke wisselwerkingen die de processen: beta radioactiviteit, muon verval en muon vangst beschrijven dezelfde sterkte en vorm hebben. In dit proefschrift wordt een poging gedaan om deze hypothese te toetsen door muon-vangst te vergelijken met beta radioactiviteit. Omdat experimenten aan zeer lichte kernen niet gemakkelijk zijn, onderzoeken wij muon vangst aan zwaardere kernen. Er is dan een bepaald kernmodel nodig om de matrixelementen tussen nucleontoestanden te kunnen uitrekenen; wij gebruiken hiervoor het schillenmodel.

In H.I wordt op de theorie van muon vangst in atoomkernen ingegaan; tevens worden de koppelingsconstanten voor muon-vangst die volgen uit de UFI hypothese en de koppelingsconstanten voor beta radioactiviteit bepaald. In H.II worden muon-vangst waarschijnlijkheden berekend in  $^{16}\text{O}$  en  $^{40}\text{Ca}$ ; in het schillenmodel zijn dit kernen met gesloten schillen voor zowel protonen als voor neutronen. De berekende vangst-waarschijnlijkheden hangen dan niet af van de vorm van de interactie; ook kan men hopen dat de vangst-waarschijnlijkheden niet te sterk van details van de kernstructuur afhangen. Voor de berekening worden twee verschillende methodes gebruikt. Bij de eerste gebruiken wij een benadering die bekend staat als de "closure" benadering; bij de tweede wordt de vangstwaarschijnlijkheid berekend door sommatie over partiële overgangen. De vangst-waarschijnlijkheden die men vindt volgens de UFI hypothese blijken ongeveer  $2 \times$  de experimentele waarde te hebben. In H.III worden vangstwaarschijnlijkheden voor een aantal kernen met  $Z=20$  en  $N=28$  berekend; in principe zou men uit metingen aan deze kernen zowel de sterkte als de vorm van de wisselwerking kunnen bepalen. Ook hier zijn de resultaten niet goed in overeenstemming met het experiment. Anderen hebben intussen werk gedaan waarbij kernmatrixelementen zijn bepaald uit experimentele gegevens over deze matrixelementen bij photo-nucleaire reacties; de verkregen resultaten zijn wel in redelijke overeenstemming met de UFI hypothese. Wij moeten dus de conclusie trekken dat het schillenmodel niet voldoende nauwkeurig is, om juiste waarden van de kernmatrixelementen te kunnen berekenen.

Bij onze berekeningen hebben wij golf functies van de nucleonen en van het muon voor verschillende gevallen bepaald; deze golf functies en de materiedichtheden die er uit volgen kunnen op zichzelf interessant zijn. In H.IV wor-

den een aantal van dergelijke resultaten gegeven. Er worden ook een aantal waarden van de muon-golffunctie in verschillende kernen gegeven; deze waarden kunnen van belang zijn als men uit gemeten muon-vangst waarschijnlijkheden de kernmatrixelementen wil bepalen.

In H.V wordt nader ingegaan op de methodes die wij gebruikt hebben om numerieke benaderingen van de golffuncties van de nucleonen en van het muon te bepalen met behulp van een electronische rekenmachine. De Schrödinger vergelijking wordt benaderd opgelost door een stap- voor- stap integratie proces; de vergelijking heeft voor  $r=0$  een singulariteit en de oplossing wordt dan verkregen door reeksontwikkeling. Er moet gezorgd worden dat de benaderde oplossing die men verkrijgt door geschikte keuze van de eigenwaarde parameter aan bepaalde randvoorwaarden voldoet. Tenslotte wordt de integraal bepaald van een product van golffuncties.